

## ダイビング・データ・レコーダーを用いた漁業潜水者 (神津島の追込み漁法) の潜水プロフィールに関する実態調査

芝山 正治

Research on diving profiles of fishermen divers (Oikomi Gyoho of KOZUJIMA) by using DDR (diving data recoding computer system)

Masaharu SHIBAYAMA

We have conducted a study of the diving profile of fishermen from Kozu Island in the Izu-Hichitou area of Tokyo Prefecture, along with an evaluation of the risk of decompression sickness (DCS).

As a result, the 1-4 dives (an average of 3.0 dives) were required to arrange the nets showed an average of 18.6 min dive time per dive. To drive the fish into the net 2 hookah divers alternated on a shift work, the average number of dives being of 2.2/diver. Accordingly, the overall average of dives for each diver was of 3.3 dives. In general, the decompression tables were not followed and going down and surfacing followed only a dive time of 18.7 min and 3.3 times so that this diving pattern does not seem to bring along any risk of DCS.

### 緒言

伊豆七島、神津島における漁業潜水は、建て切り(追い込み)漁業や海草採取漁などが主流である。追い込み漁業潜水は、今から約40年前の昭和25年(1950年)頃から行われている漁法と言われ、魚類のなかで高価なタカベを主として捕獲している。操業当初の潜水方法は、素潜りによる海面付近の追い込み漁法であったが、昭和42年(1967年)頃から器械潜水となり、現在は送気式のマスクを使った潜水方式の追い込み漁法となった。伊豆七島では、神津島以外に追い込み潜水漁法を行っている地域は、新島・若郷地区で行われている<sup>1,2)</sup>。若郷地区での器械潜水の種類は、scubaを用いた潜水であり、神津島のマスク式潜水と漁法が多少異なる点がある。

全国の漁業ダイバーの数は、16,600名<sup>3)</sup>であり、伊豆七島では約1%の165名である。近年スポーツダイバーの人口増加<sup>4)</sup>がめだつ中で、漁業ダイバーの数は減少の傾向にあり、過大な労作<sup>5,6)</sup>や毎年発症している減圧症などの潜水の危険<sup>7-12)</sup>が労働人口減少の一つといわれている。

この様な中で潜水の障害や健康診査に関する実験や研究は数多く行われ報告されてきた<sup>2,5,9,10,11)</sup>。しかし、漁業ダイバーの潜水作業の実態はよく把握されていないといえ、実際の追い込み漁業潜水に関する報告は、我々が1977年より行っている伊豆七島の漁業ダイバーの調査<sup>1,5)</sup>以外に報告数は少ない。垣花ら<sup>13)</sup>は、沖縄県における漁業ダイバーの潜水プロフィールを報告している。その方法は、減圧症治療のため来院した患者に対して、問診によるアンケート方式で調べたものである。しかし、アンケート調査は記憶に頼りながらの調査であり正確な潜水プロフィールを調べることが困難である。本研究は、より正確な調査を行うために、実際に漁業潜水を行っている場所に出向き、ダイビング・データ・レコーダー(以後DDRと略す)<sup>14,15)</sup>を用い経時的に記録する測定器を漁業潜水者に携行させ調査を行った。

DDRの使用目的は、潜水時に伴う減圧症の危険を解明する上での基礎資料として漁業潜水者の潜水プロフィールを詳細に記録することであり、これによって彼らが潜降・浮上を頻りに繰り返して潜水を行っているが、減圧症の予防対策として潜水深度規制や潜水回数制限を考慮して実施していることが調べられた。

### 調査対象および期間

伊豆七島で追い込み漁法潜水を行っている神津島の漁業潜水者を調査対象とした。

調査は、1988年～1992年の4シーズンにわたって行われた。漁業の期間は、7月～10月上旬までの約3ヶ月間であった。

### 調査方法

調査に用いたDDRはアドニスエンジニアリング社製ADRコンピューターシステム(ADONIS DIVING RECORDING COMPUTER SYSTEM)を用いた。この機種は、ADR(ダイビングレコーダー)、ADD(デジタルディスプレイ)、AIA(インフォメーションアダプター)、APP(カラープリンタープロッター)の4つのシステムで構成されている。この中、ダイバーが潜水時に携行するものは、ADRおよびADDである。ADRの記憶容量は、1800記録点(8Kバイト)と少なく、本調査研究では容量が不足するため特別にその3倍の5400記録点(24Kバイト)の記録容量のものに改造して使用した。深度範囲は、0～99.9mまでが可能であり、ADDへの表示は10cm単位で表すことが出来る。APPへの深度および使用時間の範囲は、25、50、100mおよび30分より960分と選択設定可能である<sup>11,15)</sup>。

### 結果

調査対象となった漁業潜水者数は、延べ66名であり、その平均年齢は、 $36.3 \pm 6.5$ (SD)歳で、潜水経験年数の平均は、 $15.4 \pm 8.3$ 年であった。

追い込み漁業潜水の構成は、漁船が8～11隻、人員総勢は55～70名、その中、船から網を入れたり引き上げたりする専門の者が約25名、そして、追い込み時に海面から素潜りで潜水する者が約10名、監視ダイバー3名、実際に潜水を行うダイバー総数は、約30名であるが、潜水後には網を上げる作業も行っていた。また、網を修理する高齢者が約10名含まれていた。

潜水に用いられる潜水器は、船上からコンプレッサーで圧縮空気を送る送気式のマスク式潜水器(アサリ式)であった。

出漁できる日数は、海象や気象条件などの条件で期間中の約3分の2程度であった<sup>7)</sup>。

追い込み漁法は、魚がいる周囲の半径500～1000mを網で覆い、徐々に魚を追い込みながら網を小さく絞って最終的に袋網で魚を引き上げる方法を取っている。この漁法を2つに大別すると追い込み作業と袋網作業に分けることができる。また、袋網で魚を上げた後に、追い込みの時使った網を上げる網上げ作業が最後の潜水作業となる。したがって、潜水作業は、追い込み作業及び袋網作業並びに網上げ作業の3種類となる。

追い込み漁業に出漁でき、調査を行えた日数は14日間であり、その中、網を打った回数は、21回であった。潮の影響や魚の移動状態によって、網を打ったが途中で作業を中止した回数が2回含まれている。これらの回数も含め、出漁した1日平均の網打ち回数は、 $1.5 \pm 0.9$ 回であった。調査ができた延べ潜水回数は66回であり、一網が終了するまでの平均潜水

表1 追い込み漁業潜水の調査結果

合計調査潜水回数	66回
合計調査網打ち回数	21回
一日平均網打ち回数	$1.5 \pm 0.9$ 回/日
一網平均潜水回数	$3.0 \pm 1.3$ 回
一網平均作業延べ時間	$77.3 \pm 33.7$ 分

回数は、 $3.0 \pm 1.3$ 回であった。また、一網を打ち終えるまでに要する時間（潜水開始より潜水終了まで）は、 $77.3 \pm 33.7$ 分であった（表1）。DDRで測定されたダイバーの潜水時間と深度に関するデータを示した一例が図1である。

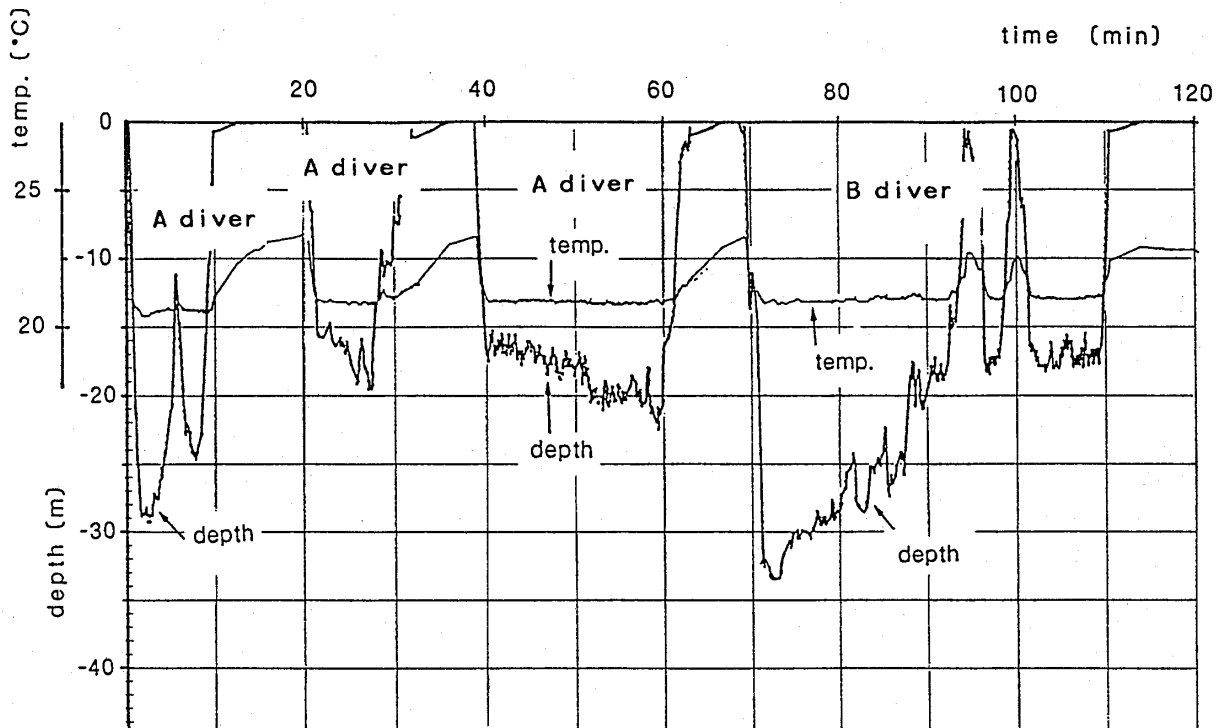


図1 代表的な一網作業の潜水プロフィール

表2 追い込み漁業潜水の作業時間

	最大深度 (m)	平均深度 (m)	潜水時間 (min)	休憩時間 (min)
追い込み作業				
#1	24.2	18.1	13.9	98.7
(Aダイバー)	7.4	6.0	8.6	94.5
#2	21.8	16.8	12.6	6.1
(Aダイバー)	6.3	4.1	7.5	2.1
計	23.2	17.7	13.4	44.5
(Aダイバー)	7.0	5.3	8.1	73.7
袋網作業				
#3	20.5	15.9	13.4	27.2
(Aダイバー)	3.3	2.5	8.4	8.4
小計	22.4	17.2	17.4	32.6
(Aダイバー)	6.4	4.7	10.4	60.2
網上げ作業				
#1	28.1	19.0	37.5	—
(Bダイバー)	8.8	3.1	6.7	—
合計	22.8	17.3	18.6	32.6
(A,Bダイバー)	6.7	4.6	11.3	60.2
平均±SD				

図1は一網を入れて上げるまでに2名のダイバーが計4回の潜水を行った例である。前半にAダイバーが3回潜水しているが、第1回目（追い込み作業）の潜水で最大潜水深度29mを記録し、2回目（追い込み作業）、3回目（袋網作業）の潜水深度は15~20mと浅くなり、休憩時間を含めて開始から終了まで約65分間の時間であった。また、1回の潜水時間の平均は16分間であった。その後にはBダイバーに変わっていた。Bダイバーは追い込みで使われた網を上げる作業を休憩をしないで、深い深度の33mから開始し、徐々に浅い水深に浮上しながら、最終水深17m近辺で終了していた。このときの潜水時間は約40分間であった。

これら一連の作業を追い込み作業、袋網作業、網上げ作業にわけ調査された件数で平均化すると表2の通りになる。追い込み作業の1回目と2回目を比較すると、最大深度及び平均深度とも1回目が深い、袋網作業は追い込み作業より

もさらに浅く潜水していた。網上げ作業はダイバーが交代しての1回潜水としていた。

## 考 察

潜水プロフィールを正確に把握することは減圧症を予防する上で不可欠であるにもかかわらず、困難な面が多い。スポーツダイバーはログブックをつけるように指導されているものの、ダイバーの記憶に頼った場合には、それは不正確であり、せいぜい最大深度と潜水時間の把握しかできないといえる。

しかし、近年、自動減圧計やメモリー機能を搭載した時計が普及し、以前よりも正確な記録が可能となった。また、技術進歩とともに、潜水深度や潜水時間などを記録し、パソコンを通してフロッピーディスクに保存するとともにプリントアウトが可能な方式に実用化されてきた。

1972年に Mano and Nashimoto は潜水データレコーダーを試作した<sup>14)</sup>。これは潜水深度とダイバーの心電図を4時間にわたって同時に記録できるものであったが、記録方法は現在のICメモリー方式と異なり、テープレコーダーを使用していた。

潜水データレコーダーでICを用いた潜水プロフィールの記録は1985年にNashimotoらにより、潜水レコーダーを貝取りダイバーに携行させ、漁船の帰港後、レコーダーのデータをパソコンに転送して解析する手法などの報告がある<sup>16~18)</sup>。

我々は、1984年より伊豆七島の追い込み漁業に関する調査を行っており、1986年に初めて伊豆七島の追い込み漁業の潜水プロフィールを報告した<sup>5)</sup>。今回の調査研究では、DDRを漁業ダイバーに携帯させて経時的に観察を行ったため、伊豆七島の神津島の追い込み漁法による漁業潜水の連続的な実態をはじめて正確に調べることができた。

Nashimotoらや我々の潜水レコーダー・システムにより、ダイバーの潜水プロフィールは正確に記録され、経時的に変化する深度の誤差は数拾cm以下であるばかりか、今まで記録されなかったダイバーの潜水作業中の浮上や昇降状況が明確に把握できるようになった<sup>17)</sup>。今までの観察は作業ダイバーに同行する観察者が視認によって、ダイバーの動きを筆記、記録するものであり、概要はつかめても確度の点で劣っていたものといわざるを得ない<sup>5)</sup>。

我々が以前に行った調査<sup>1,5,6)</sup>では1回の平均潜水時間は、14分であり、同じ伊豆七島の新島・若郷地区では、15.7分であった。今回の神津島の調査では、 $18.6 \pm 11.3$ 分と他の地域よりも多少長い間潜水しており、これは潜水器の種類にもよりscuba潜水では限られた空気を持って潜水するため潜水時間も制限されるが、神津島の潜水器は船上から空気を送気する方法であるため潜水時間の制限がないことから潜水時間が長いものと思われる。また、前半の作業である追い込み及び袋網作業の合計平均潜水時間は、52.2分(各回の平均は $17.4 \pm 10.4$ 分)であり、後半の網上げ作業は $37.5 \pm 6.7$ 分と、それぞれ1回潜水として比較すると有意な差( $P < 0.01$ )が認められた(表2)。この前半の作業と後半の作業は、漁業者自身で漁業潜水の安全性を考慮に入れ、一網の作業で複数のダイバーがそれぞれ潜水し、減圧症を予防するために努めている。

また、潜水深度は、図1で明かなように、深い方から浅い方へ移動し、追い込み作業時の1回の潜水で約200~500mの距離を潜水し、魚を追い込んでおり、後半の網上げ作業時も前半同様に深い方から浅い方へと潜水していることも、減圧症予防の考え方が定着している。

日本の潜水による代表的な追い込み漁法は、本調査の伊豆七島(神津島、新島・若郷)と沖縄県とで行われているが、垣花ら<sup>13)</sup>による沖縄県の追い込み漁師の平均潜水時間は、30分と長く、また、最大潜水深度の平均も41.7mと非常に深い。無減圧で浮上できる潜水時間30分の許容深度は、労働省で定める標準減圧表別表第2<sup>19)</sup>に従うと深度26m以下であり、また最大潜水深度41.7mまでの無減圧の許容潜水時間は認められておらず、潜水時間が8分以下であっても深度3mで2分の減圧停止が義務づけられている。潜水深度41.7mに30分間の潜水作業を行ったと仮定すると、浮上に要する時間いわゆる減圧時間は約60分間であり、減圧を怠ると減圧症の危険がある。減圧症発症に最も関与する潜水深度と潜水時間の両要因から考えると沖縄県での

表3 神津島における減圧症の発症件数と業種

	Type I	Type II	その他	合計
追い込み漁業	5	12	4	21
海草漁業	31	8	0	39
合計	36	20	4	60

Type I は軽症の減圧症。Type II は重症の減圧症。その他は空気塞栓症。

要する潜水時間条件ではなかったが、繰り返し潜水における漁業形態からすると減圧症に罹患する危険を無視し得ない。神津島における減圧症発症は今まで60例(表3)を数えているが、その中、追い込み漁業潜水では21例の35%であり、残りは天草潜水による減圧症である。しかし、1990年~1994年の5年間においては、追い込み漁業潜水の減圧症発症件数は5例のみと激減している。これも減圧症などの高気圧障害予防の安全対策の徹底が漁業者自身で確立されているからと思われる。

日本の労働省では、潜水業務を行う場合、潜水時間や減圧時間などを高気圧作業安全衛生規則の別表第2及び第3で規定している<sup>19)</sup>。本調査研究によって調べられた新島・若郷地区の追い込み漁業潜水をこの規則に当てはめてみると、潜水後の休憩時間が規則では最低30分とされているが、平均で26分の休憩しかとっておらず、規定の範囲を逸脱している。潜水時間や休憩時間の範囲が日本の規則よりも長い U.S.Navy の減圧表<sup>20)</sup>を用いて潜水プロフィールを調べると、図2のような結果が得られた。減圧が必要な潜水は、袋網潜水後の第3回目の潜水後に3mで14分の減圧を要し、第1, 2, 4回の潜水後の減圧は不要であった。すなわち、Aダイバーの最終潜水である第3回目の潜水後に減圧症罹患の危険があったといえる。しかし、一連の作業形態が深い方から浅い方へと移動して行く作業方式を用いているため、安全率が加わり減圧症の罹患率を効果的に低くおさえられている。

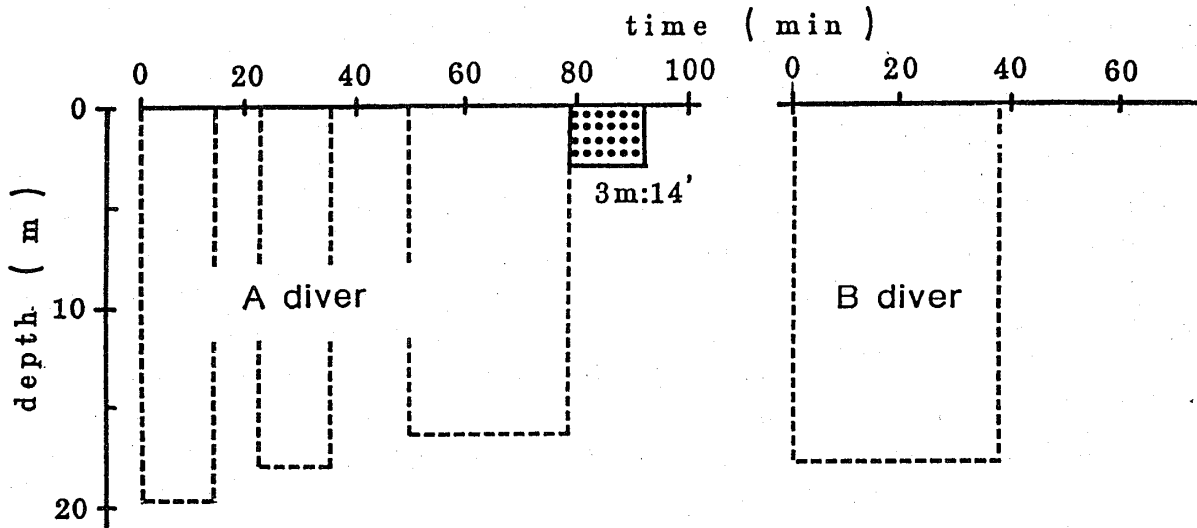


図2 米国海軍 (U.S.Navy) 減圧表を用いたAダイバーとBダイバーの潜水プロフィールと減圧停止の有無

今回の調査研究によって伊豆七島の神津島における追い込み漁法の潜水中の潜水プロフィールを正確に記録できたと共にその詳細な昇降運動(50cm以上の水深変動)のデータを初めて明かにし、かつ減圧症発症の予防対策が適切に行われていることが考察された。

## 結 論

ダイビング・データ・レコーダーを用いて伊豆七島の神津島の追い込み漁法の潜水のプロフィールの実態を調査し、減圧症発症の危険性の検討を行った結果、次の通り結論をまとめる。

- 1) 一器の潜水器を2名のダイバーが交代で潜水していた。
- 2) 一網の平均潜水回数は、1回ないし3回であり、平均で3回であった。
- 3) 1回の潜水時間の平均値は、18.6分であったが、前半のダイバーが延べ52.2分、後半のダイバーが同じく37.5分の潜水を行っていた。
- 4) 一連の作業形態として、減圧表は守られてはいないが、深い深度から浅い深度へ移動しながら潜水を繰り返すという漁法の性質が、結果的に減圧症発症の予防対策を講じる形態となっていた。

## <文 献>

- 1) 芝山正治、眞野喜洋、古橋廣之進：漁業潜水者の労作強度の評価に関する研究、日高圧医誌、22(2)：123、1987
- 2) 芝山正治、眞野喜洋、大久保仁：漁業（追い込み漁法）ダイバーの耳管機能に関する研究、産業医学、29(4)：265-270、1987
- 3) 竹内久美、毛利元彦：全国の潜水漁業者の実態調査—分布、年齢層および潜水法など—日高圧医誌、22(4)：227-234、1987
- 4) 海中開発技術協会：レジャー・ダイビング年報'91、レジャー・ダイビング産業実態基礎調査報告書、P.8-17、海中開発技術協会、東京、1991
- 5) 芝山正治、高橋茂樹、水野哲也、眞野喜洋：圧気作業の実態調査その7—漁業潜水者の調査—、日衛誌、41(1)：251、1986
- 6) 芝山正治、水野哲也、古橋廣之進、眞野喜洋：潜水に伴う労作強度の検討、日高圧医誌、21(3)：139-145、1986
- 7) 眞野喜洋、芝山正治：スクーバ(SCUBA)潜水とスポーツ医学、臨床スポーツ医学、2(4)：369-374、1985
- 8) Kanwisher, J., Lawson, K. and Strauss, R. : Acoustic telemetry from human divers, Undersea Biomedical Research, 1(1)：99-109, 1974
- 9) Mano, Y., Shibayama, M., Ishiyama, A. and Maed, H. : A fishermen dive technique in Japan; Implication of bends prevention, In Proceeding of the sixth meeting of the U. J. N. R. panel on diving physiology and technology (ed. Miller, J. W.) , p. 275-283, U. S. Department of Commerce, Washington, D. C., 1981
- 10) 眞野喜洋：減圧症治療の現状と問題点—東京医科歯科大学における減圧症治療の現況と問題点—、日高圧医誌、23(4)：185-192、1988
- 11) 芝山正治、中山徹、山見信夫、大久保仁、古橋廣之進、眞野喜洋、：SCUBA潜水に伴う耳管調圧機能、日高圧医誌、26(2)：57-63、1991
- 12) 芝山正治：心拍数からみた潜水中の運動強度、駒沢女子大学研究紀要、125-130、1994
- 13) 垣花脩、大山了已、花城久米夫、湯佐祚子：沖繩県における潜水夫減圧症患者の潜水パターンについて、日高圧医誌、16(1)：22-24、1981
- 14) Mano, Y. and Nashimoto, I. : Diving date recorder (D. D. R. ). In Proceeding of the first joint meeting of U. S. Japan diving physiology and technology panel (ed. Yajima, S. ), p. 172-179, Department of Agriculture, Tokyo, 1972
- 15) 芝山正治、眞野喜洋：圧気作業の実態調査その8—ダイビングレコーダを用いての調査—、日衛誌、

42 (1) : 251 (1987).

- 16) Nashimoto, I., Kobayashi, K. and Gotoh, Y. : An appraisal of dive profiles in shellfish divers with reference to the risk of decompression sickness. Proceedings of the 11th annual meeting of European Undersea Biomedical Society, 213-219, 1985
- 17) 梨本一郎、小林浩、後藤与四之：高気圧作業の加圧、減圧記録管理システムについて、日高圧医誌、20 (3) : 119-121、1985
- 18) Kobayashi, K., Gotoh, Y., and Nashimoto, I. : An appraisal of dive profiles in sport diving in relation to the risk of decompression sickness. Proceedings of the 9th International Symposium on Underwater and Hyperbaric Physiology. Undersea and Hyperbaric Medical Society, Bethesda, MD., 331-335, 1987
- 19) 労働省：潜水士テキスト、P. 291-300、中央労働災害防止協会、東京、1992
- 20) U. S. Navy: U. S. Navy, Diving manual, p. 3. 12-15, 7. 25-33, Department of the Navy, Washington, DC, 1985